



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 01 937 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 01 L 41/09  
H 01 L 41/04  
H 02 N 2/00  
G 12 B 1/00  
C 23 C 14/34

21 Aktenzeichen: P 42 01 937.0  
22 Anmeldetag: 24. 1. 92  
43 Offenlegungstag: 30. 7. 92

DE 42 01 937 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
25.01.91 JP 3-7250 25.01.91 JP 3-7251  
25.01.91 JP 3-7252 25.01.91 JP 3-7253  
25.01.91 JP 3-7254

71 Anmelder:  
Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

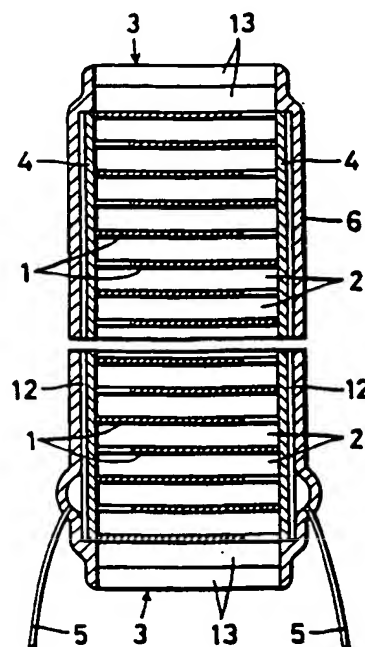
74 Vertreter:  
Eder, E., Dipl.-Ing.; Schieschke, K., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:  
Inoue, Jiro; Tabota, Jun; Makino, Shiro; Morikawa,  
Atsushi; Eimori, Takeshi, Nagaokakyo, Kyoto, JP

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

54 Piezoelektrisches laminiertes Stellglied

57 Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied, das z. B. als Antriebsquelle für einen Druckerkopf dient oder als Positioniertrieb verwendet wird, bei dem eine Anzahl von piezoelektrischen Schichten (2), die jeweils zwischen Innenelektroden (1) angeordnet sind, durch Verkleben übereinander laminiert sind, eine dielektrische Schicht (3) an beiden Enden des piezoelektrischen laminierten Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) aufgeklebt ist und bei dem Dünnschicht-Außenelektroden (4) an zwei gegenüberliegenden Seiten des piezoelektrischen laminierten Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) gebildet sind, wobei die eine Dünnschicht-Außenelektrode (4) mit jeder zweiten Innenelektrode (1) verbunden ist, und die andere Dünnschicht-Außenelektrode (4) mit den restlichen Innenelektroden (1) verbunden ist. Die Außenelektroden (4) können mittels Sputter-Technik und/oder durch Befestigung von dünnen Metallbändern (12) gebildet sein, woraus eine Verstärkung der Außenelektroden (4) und der zugehörigen Lötverbindungen resultiert. Da in einer Ausführungsform der Erfindung die dielektrischen Schichten (3) an beiden Stellgliedenden aus einer Anzahl von dielektrischen Unterschichten (13) bestehen, die durch ein feuchtigkeitsbeständiges Klebemittel miteinander verklebt sind, wird das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert, wodurch eine Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften vermieden wird. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem eine ...



DE 42 01 937 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied zur Verwendung als Antriebsquelle, wie z. B. für einen Druckerkopf oder als Positioniertrieb.

Es sind zwei Typen von piezoelektrischen laminierten Stellgliedern bekannt: zum einen ein laminiertes Stellglied, bestehend aus einer Anzahl von piezoelektrischen Schichten, wobei beide Enden des Stellglieds durch dielektrische Schichten abgeschlossen sind; zum zweiten ein aus mehreren Einheiten bestehendes Stellglied, das eine Anzahl von miteinander verbundenen Stellgliedern des ersten Typs umfaßt.

Wie in den Fig. 14 und 15 dargestellt, umfaßt der erste aus dem Stand der Technik bekannte piezoelektrische laminierte Stellgliedtyp einen piezoelektrischen laminierten Körper, bestehend aus einer Anzahl von piezoelektrischen Schichten 2, die jeweils zwischen Innenelektroden 1 angeordnet sind. Eine dielektrische Schicht 3 ist jeweils mit beiden Enden des laminierten Körpers verklebt.

Zwei Außenelektroden 4 sind auf zwei gegenüberliegenden Seiten des piezoelektrischen laminierten Körpers auf den piezoelektrischen Schichten 2 aufgebracht, wobei die eine Außenelektrode mit jeder zweiten Innenelektrode und die andere Außenelektrode mit den übrigen Innenelektroden verbunden ist. An die Außenelektroden 4 sind Anschlußdrähte 5, 4 angelötet. Die Seiten des piezoelektrischen laminierten Körpers aus piezoelektrischen Schichten 2 und die Seiten der dielektrischen Schichten 3 weisen als Feuchtigkeits- und Isolierschutz eine Beschichtung aus dielektrischem Harz auf, wie z. B. Epoxidharz oder Silikongummi.

Wie in Fig. 16 dargestellt, sind die Innenelektroden, zwischen denen die piezoelektrischen Schichten 2 angeordnet sind, räumlich wechselweise als positive Elektroden 1a und negative Elektroden 1b ausgebildet, so daß auch eine wechselweise räumliche Umkehrung der elektrischen Feldrichtung erfolgt. Jede Innenelektrode weist an ihrem einen offenen Ende einen Nicht-Elektrodenbereich auf.

Die piezoelektrischen Schichten 2 werden stapelweise laminiert, indem sie übereinander mittels eines dielektrischen Harzklebemittels miteinander verklebt werden, wie in Fig. 16 dargestellt. Trotz Verwendung eines Klebstoffes aus dielektrischem Harz ist durch die Druckverklebung eine bestimmte Leitfähigkeit zwischen zwei Innenelektroden gegeben.

Bekannt ist die Verwendung eines leitenden Klebemittels zur Bildung der beiden Außenelektroden 4, 4 auf den beiden Seiten des piezoelektrischen laminierten Körpers aus piezoelektrischen Schichten 2. Das auf den piezoelektrischen laminierten Körper aus den piezoelektrischen Schichten 2 aufgebrachte leitende Klebemittel wird einer wärmeaushärtenden Behandlung unterzogen, aufgrund derer eine Verbindung mit den Innenelektroden hergestellt wird, wie in Fig. 16 dargestellt. Nachteilig bei diesem bekannten piezoelektrischen Stellglied ist, daß, bedingt durch den Herstellungsprozeß zwischen den Außenelektroden 4, die durch die Wärmeaushärtung des aufgetragenen leitfähigen Klebemittels gebildet sind, und den Innenelektroden 1 häufig ein schlechter Kontakt erreicht wird. Die Herstellung derartiger Stellglieder ist daher mit einem relativ großen Ausschuß verbunden.

Weiterhin weisen die Außenelektroden 4 ebenso wie die Lötverbindungen der Anschlußdrähte 5 eine geringe

mechanische Festigkeit auf.

Da des Weiteren die dielektrischen Schichten 3 an beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers in der Regel mit zu bewegenden Körpern verklebt oder preßverklebt sind, können die dielektrischen Schichten 3 mit keinem Beschichtungsmaterial 6 bedeckt werden. Für eine möglichst wirtschaftliche Fertigung wird für die dielektrischen Schichten 3 üblicherweise der gleiche Keramikwerkstoff wie für die piezoelektrischen Schichten 2 verwendet. Im allgemeinen weist jedoch diese Art von dielektrischem Keramikwerkstoff eine geringe Feuchtigkeitsbeständigkeit auf.

Aufgrund der geringen Feuchtigkeitsbeständigkeit der dielektrischen Schichten 3 kann Feuchtigkeit eindringen und zu den Innenelektroden 1 oder piezoelektrischen Schichten 2 vordringen, wodurch die dielektrischen Eigenschaften verschlechtert werden.

Die Verwendung eines dickeren Keramikwerkstoffes für die dielektrischen Schichten 3 erhöht zwar die Feuchtigkeitsbeständigkeit, führt jedoch während des Betriebs des Stellglieds zu einem verringerten relativen Stellweg, da die dielektrischen Schichten 3 nicht zum Stellweg beitragen.

Im folgenden wird der zweite Stellgliedtyp erläutert: Bei der Herstellung eines Stellglieds mit zahlreichen Laminierungen unter Verwendung von zahlreichen piezoelektrischen Schichten 2 beträgt die Dicke des Stellglieds ohne die beiden dielektrischen Schichten z. B. ca. 120 mm bei Laminierung von 800 Schichten, unter der Annahme, daß jede Schicht 150 µm dick ist und daß das Stellglied aus einem einzigen Körper und nicht aus mehreren, zu einer Einheit zusammengefügt Körpern besteht.

Werden diese Schichten zu einem einzigen Körper miteinander verklebt, so wird bei Auftreten eines Defekts in einer einzigen der 800 Schichten, wie z. B. einer Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften, das gesamte Stellglied unbrauchbar.

Je höher die Anzahl der laminierten piezoelektrischen Schichten ist, desto geringer ist die Ausbeute bei der Herstellung der Stellglieder und desto weniger wirtschaftlich ist die Fertigung.

Dieser Nachteil läßt sich wie folgt beseitigen: mehrere Stellgliedeinheiten 7, die jeweils eine entsprechende Anzahl von laminierten piezoelektrischen Schichten aufweisen, welche noch eine akzeptable Ausbeute gewährleisten, z. B. vier Stellgliedeinheiten mit jeweils 200 Schichten mit einer Gesamtdicke von ca. 30 mm, sind längs miteinander verklebt und bilden ein aus mehreren Einheiten bestehendes laminiertes Stellglied.

Bei solch einem Aufbau sind die Außenelektroden von zwei benachbarten Stellgliedeinheiten elektrisch miteinander verbunden. Wie in Fig. 17 dargestellt, sind Anschlußdrähte 8 an Außenelektroden 4 angelötet, um die Stellgliedeinheiten miteinander zu verbinden.

Durch Anlöten jedes Anschlußdrahtes 8 zur Herstellung einer elektrischen Verbindung mit der benachbarten Elektrode 4 entsteht außerhalb des Stellglied-Körpers ein hervorstehender Bereich an jeder Übergangsstelle, wo ein Anschlußdraht 8 angelötet ist. Ist, wie in Fig. 18 dargestellt, das Stellglied in ein Metallgehäuse 9 eingebaut, um ein durch Einknicken verursachtes Brechen des Anschlußdrahtes 8 zu verhindern, so sollte das Innere des Metallgehäuses so groß sein, daß ausreichend Platz für die hervorstehenden Bereiche vorhanden ist. Somit wird ein großes Metallgehäuse 9 benötigt.

Durch das Verlöten jedes Anschlußdrahtes 8 ergibt sich eine höhere Anzahl von Lötverbindungen, wodurch

die Wirtschaftlichkeit der Fertigung verringert wird. Außerdem weist jede Lötstelle zwischen zwei benachbarten Stellgliedeinheiten 7 eine geringe mechanische Festigkeit auf.

Jede der dielektrischen Keramikschichten 3 an beiden Enden jeder Stellgliedeinheit 7 dient als Bearbeitungsbereich, der so bearbeitet werden kann, daß die beiden Enden der Stellgliedeinheit 7 bei deren Herstellung genau parallel zueinander ausgerichtet sind und dient als Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit oder gegen mechanische Beschädigung bei Betrieb des Stellglieds. Die dielektrischen Schichten 3 tragen jedoch nicht zum Stellweg bei.

Bei jeder im Stand der Technik bekannten Stellgliedeinheit 7 finden dielektrische Schichten 3 Anwendung, die aus Keramik gefertigt sind und auf eine gleiche Dicke bearbeitet werden. Bei Verbindung von zwei Stellgliedeinheiten 7 verdoppelt sich die Dicke der inneren dielektrischen Schichten. Wie bereits erwähnt, tragen die dielektrischen Schichten 3 nicht zum Stellweg bei. Je größer die Gesamtdicke der dielektrischen Schichten ist, desto geringer ist der relative Stellweg.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein piezoelektrisches Stellglied zu schaffen, das die eingangs genannten Nachteile bekannter Stellglieder vermeidet, bei dem eine gute elektrische und mechanisch stabile Verbindung zwischen den Innen- und Außenelektroden gewährleistet ist, das einen kompakten Aufbau aufweist und das eine kostengünstige Fertigung bei geringem Ausschuß erlaubt.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1.

Ein erstes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel stellt ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied dar, das einen sicheren Kontakt zwischen den Außen- und Innenelektroden und eine feste Lötverbindung jedes Anschlußdrahtes gewährleistet.

Ein zweites erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel stellt ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied dar, dessen Leistung sich selbst bei der Bildung von Rissen auf den Außenelektroden nicht verschlechtert, und bei dem die feste Lötverbindung jedes Anschlußdrahtes gewährleistet ist.

Ein drittes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel stellt ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied dar, bei dem die dielektrischen Schichten eine verbesserte Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweisen, ohne daß deren Dicke zunimmt und demzufolge die dielektrischen Eigenschaften und der Stellweg des Stellglieds beeinträchtigt werden.

Ein viertes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel schafft ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied, das aus einer Anzahl von miteinander verbundenen Stellgliedeinheiten besteht, und bei dem sowohl der Stellgliedkörper als auch das Gehäuse kompakt sind, da keine unnötig hervorstehenden Bereiche an den jeweiligen Übergängen zwischen den Stellgliedeinheiten vorhanden sind, und das eine verbesserte mechanische Festigkeit an den Übergängen aufweist, wodurch eine wirtschaftlichere Fertigung ermöglicht wird.

Ein fünftes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel schafft ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied, das aus einer Anzahl von miteinander verbundenen Stellgliedeinheiten besteht, und bei dem sowohl eine Abnahme des Stellwegs als auch das Eindringen von Feuchtigkeit minimiert sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von einem in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiel näher

her erläutert.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht im Schnitt eines ersten Ausführungsbeispiels eines piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach der Erfindung;

Fig. 2 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des piezoelektrischen laminierten Stellglieds in Fig. 1 aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Fig. 3 eine Seitenansicht im Schnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels eines piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach der Erfindung;

Fig. 4 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des piezoelektrischen laminierten Stellglieds in Fig. 3 aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Fig. 5 eine Seitenansicht im Schnitt eines dritten Ausführungsbeispiels eines piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach der Erfindung;

Fig. 6 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des piezoelektrischen laminierten Stellglieds in Fig. 5 aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Fig. 7 einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 6;

Fig. 8 eine Seitenansicht im Schnitt eines vierten Ausführungsbeispiels eines piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach der Erfindung;

Fig. 9 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des piezoelektrischen laminierten Stellglieds in Fig. 8 aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Fig. 10 eine teilweise geschnittene Darstellung des piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach dem vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel, bei dem Metallbänder für eine andere Art der Verbindung verwendet werden;

Fig. 11 einen Querschnitt des in einem Gehäuse eingebauten Stellglieds in Fig. 10;

Fig. 12 eine Seitenansicht im Schnitt eines fünften Ausführungsbeispiels eines piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach der Erfindung;

Fig. 13 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des piezoelektrischen laminierten Stellglieds in Fig. 12 aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Fig. 14 eine Seitenansicht im Schnitt eines bekannten Ausführungsbeispiels eines piezoelektrischen laminierten Stellglieds nach der Erfindung;

Fig. 15 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des piezoelektrischen laminierten Stellglieds in Fig. 14 aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Fig. 16 einen vergrößerten Querschnitt des bekannten piezoelektrischen Stellglieds in Fig. 15;

Fig. 17 eine vertikale Vorderansicht im Querschnitt eines aus mehreren Einheiten bestehenden bekannten piezoelektrischen Stellglieds; und

Fig. 18 eine nur teilweise geschnittene Seitenansicht des bekannten piezoelektrischen laminierten Stellglieds in einem Gehäuse aus einem um 90° gedrehten Blickwinkel;

Anhand der Fig. 1 bis 13 werden im folgenden die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele beschrieben. Zeigen diese Figuren ein Teil, das mit einem Teil des in den Fig. 14 bis 18 dargestellten bekannten Stellglieds identisch ist, so wird das gleiche Bezugszeichen ohne weitere Beschreibung verwendet.

Bei einem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel, das in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist, sind Dünnschicht-Außenelektroden 11 aus einem leitfähigen Werkstoff, wie z. B. einer Nickel (Ni)-Legierung oder Silber (Ag), auf beiden Seiten eines laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten 2 durch Sputtern gebildet. Die durch Sputter-Verfahren

gebildeten Dünnschicht-Außenelektroden 11 ermöglichen eine ausgezeichnete Haftfestigkeit, wodurch deren feste Verbindung mit den Innenelektroden gewährleistet ist.

Des weiteren wird durch die durch Sputter-Verfahren gebildeten Dünnschicht-Außenelektroden auch eine ausgezeichnete Haftfestigkeit an die piezoelektrischen Schichten 2 geschaffen, wodurch die Festigkeit der Lötverbindungen der Anschlußdrähte 5 verstärkt wird. Bezugszeichen 6 bezeichnet in den Fig. 1 und 2 ein Beschichtungsmaterial, das die Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus den piezoelektrischen Schichten 2 und dielektrischen Schichten 3 zu deren Isolierung bedeckt und das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert.

Da die Dünnschicht-Außenelektroden auf den Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten durch das Sputter-Verfahren wie vorstehend beschrieben gebildet sind, ist bei dem dielektrischen laminierten Stellglied nach dem ersten Ausführungsbeispiel eine feste Verbindung zwischen den Innenelektroden und den Dünnschicht-Außenelektroden des laminierten piezoelektrischen Körpers vorhanden. Somit lassen sich eine hohe Ausbeute und eine zuverlässige Fertigung erzielen.

Aufgrund der durch das Sputter-Verfahren gebildeten Dünnschicht-Außenelektroden läßt sich eine erhöhte Festigkeit der Lötverbindungen von Anschlußdrähten erzielen.

In den Fig. 3 und 4 ist ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach einem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel dargestellt. Dünne Metallbänder 12 sind auf beide Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus den piezoelektrischen Schichten 2 auf die Dünnschicht-Außenelektroden 4 geklebt. Anschlußdrähte 5 sind an die dünnen Metallbänder 12 angelötet. Die Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus den piezoelektrischen Schichten 2 und dielektrischen Schichten 3 sind von dem Beschichtungsmaterial 6 zur Isolierung bedeckt, und um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.

Die obenerwähnten Metallbänder 12 müssen nicht unbedingt die gesamte Fläche der Dünnschicht-Außenelektroden 4 bedecken; der von ihnen eingenommene Bereich kann unter Fertigungsgesichtspunkten bestimmt werden. In Fig. 4 sind beispielsweise 30 µm dicke und 2 mm breite Metallbänder aus SUS304, 42Ni, auf die Dünnschicht-Außenelektroden 4 mit einem leitenden Klebemittel oder einem nichtleitenden Klebemittel, wie z. B. Epoxidharz, geklebt. Die Metallbänder sollten zwar vorzugsweise so bemessen sein, daß sie die gesamte Länge der Dünnschicht-Außenelektroden 4 bedecken, eine teilweise Bedeckung durch die Metallbänder ist aber auch möglich.

Das piezoelektrische laminierte Stellglied nach dem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist vorstehend beschrieben. Da dünne Metallbänder 12 auf den Außenflächen der Dünnschicht-Außenelektroden 4 befestigt sind, erfahren die Dünnschicht-Außenelektroden 4 eine mechanische Verstärkung. Selbst bei Bildung von Rissen auf den Dünnschicht-Außenelektroden 4 aufgrund einer unter der Auswirkung von Ausdehnung und Zusammenziehung verursachten Verformung erfolgt ein Anlegen der Spannung über die Metallbänder 12, unabhängig von einer Unterbrechung an den Rissen auf den Dünnschicht-Außenelektroden 4. Somit wird eine Verschlechterung der Eigenschaften verhindert.

Die Anschlußdrähte 5 sind direkt an die Metallbänder 12 angelötet, wodurch eine ausreichende Festigkeit der

Lötverbindung gewährleistet ist.

Bei dem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird, wie oben ausgeführt, durch die dünnen Metallbänder, die an den an beiden Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten angeordneten Dünnschicht-Außenelektroden befestigt sind, eine Verschlechterung der Eigenschaften des piezoelektrischen laminierten Stellglieds selbst bei Bildung von Rissen auf den Dünnschicht-Außenelektroden verhindert. Die Metallbänder haben die Funktion eines Leiters zur Spannungsversorgung der piezoelektrischen Schichten, die aufgrund der Risse von den übrigen laminierten piezoelektrischen Schichten getrennt sind.

In den Fig. 5–7 ist ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach einem dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel dargestellt. Die an beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers aus den piezoelektrischen Schichten 2 vorgesehenen dielektrischen Schichten 3 sind aus einer Anzahl von dielektrischen Unterschichten 13 gebildet, die durch ein feuchtigkeitsbeständiges Klebemittel miteinander verklebt sind. Die erforderliche Anzahl von dielektrischen Unterschichten 13, die jeweils aus einer dünnen Keramikschicht bestehen, ist durch ein feuchtigkeitsbeständiges Klebemittel, wie z. B. Bisphenol A Epoxidharz, miteinander verklebt und bildet laminierte dielektrische Schichten 3.

Wie in Fig. 7 dargestellt, ist durch das feuchtigkeitsbeständige Klebemittel, das zunächst auch als Klebemittel zwischen den beiden dielektrischen Unterschichten 13 dient, eine feuchtigkeitsbeständige Schicht 14 zwischen den dielektrischen Unterschichten 13 gebildet.

Das piezoelektrische laminierte Stellglied nach dem dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist wie vorstehend beschrieben aufgebaut. Um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern, bedeckt das Beschichtungsmaterial 6 die Seiten der dielektrischen Schichten 3 an beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers aus den piezoelektrischen Schichten 2. Die zwischen den dielektrischen Unterschichten 13 angeordneten feuchtigkeitsbeständigen Schichten 14 schützen vor Feuchtigkeit, die an beiden Enden eintreten könnte. Ein Eindringen von Feuchtigkeit wird somit völlig verhindert und demzufolge eine Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften vermieden. Aufgrund der zwischen den dielektrischen Unterschichten 13 vorgesehenen feuchtigkeitsbeständigen Schichten 14 ist die Erhöhung der Dicke der dielektrischen Schichten 3 zur Verbesserung der Feuchtigkeitsbeständigkeit nicht mehr notwendig. Durch eine dünnere Ausbildung der nicht zum Stellweg beitragenden dielektrischen Schichten 3 wird somit eine Verringerung des relativen Stellwegs vermieden.

Nach dem dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel sind die dielektrischen Schichten an beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten vorgesehen, wobei die dielektrischen Schichten durch Verkleben einer Anzahl von dielektrischen Unterschichten gebildet sind, zwischen denen feuchtigkeitsbeständige Schichten ausgebildet sind. Dieser Aufbau verbessert die Feuchtigkeitsbeständigkeit der dielektrischen Schichten, wodurch der Eintritt von Feuchtigkeit über die beiden Enden und somit auch eine Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften verhindert wird.

Da des weiteren die Feuchtigkeitsbeständigkeit des Stellglieds ohne eine dickere Ausbildung der dielektrischen Schichten erhöht wird, ergibt sich auch keine Verringerung des relativen Stellwegs.

In den Fig. 8 – 11 ist ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach einem vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel dargestellt. Zwei Stellgliedeinheiten 21 sind miteinander verbunden und bilden ein Stellglied mit einer hohen Anzahl von laminierten Schichten. Metallbänder 22 verbinden die Dünnfilm-Außenelektroden 4 der beiden Stellgliedeinheiten 21. Anschlußdrähte 5 sind an die Endbereiche der Metallbänder 22 angelötet.

Die Metallbänder 22 sind durch ein leitendes Klebemittel so auf die Dünnfilm-Außenelektroden 4 geklebt, daß sie die Länge der Außenelektroden 4 vollkommen bedecken.

Bei Verwendung von drei oder mehr Stellgliedeinheiten können Metallbänder auf die gleiche Weise wie oben beschrieben auf die Dünnfilm-Außenelektroden geklebt werden. Wie jedoch in Fig. 10 dargestellt, müssen die Metallbänder 22 nicht so verklebt sein, daß sie die Länge der Außenelektroden 4 vollständig bedecken, sondern ein Metallband 22 kann auch auf jeden Übergang der Dünnfilm-Außenelektroden 4 geklebt sein.

Durch Verwendung der Metallbänder 22 zur Verbindung der Dünnfilm-Außenelektroden 4 ragen die hervorstehenden Bereiche weniger weit nach außen. Wie in Fig. 11 dargestellt, ist im Inneren des Gehäuses 23 mit dem Stellglied lediglich Raum für die Anschlußdrähte 5 vorzusehen, wodurch sich eine kompaktere Gesamtgröße erzielen läßt.

Nach dem vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird durch die Verwendung von dünnen Metallbändern zur Verbindung der Dünnfilm-Außenelektroden jeder Stellgliedeinheit das piezoelektrische laminierte Stellglied in das kompakte Gehäuse eingebaut, wobei unnötig hervorstehende Bereiche an den Übergängen zwischen den Stellgliedeinheiten vermieden werden und somit außer der für die Anschlußdrähte benötigten Einführbereiche keinerlei Raumbedarf mehr erforderlich ist.

Die Metallbänder sind mittels des leitenden Klebemittels auf die Dünnfilm-Außenelektroden geklebt, wodurch die Anzahl der erforderlichen Lötstellen auf ein Minimum reduziert ist und die Wirtschaftlichkeit der Fertigung erhöht wird. Die Übergangsbereiche zwischen den Stellgliedeinheiten sind durch jedes Metallband verstärkt, wodurch diese eine hohe mechanische Festigkeit und elektrische Zuverlässigkeit aufweisen.

In den Fig. 12 und 13 ist ein piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach dem fünften erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel dargestellt. Bei dem aus mehreren Einheiten bestehenden Stellglied 31, das im speziellen Fall aus zwei Stellgliedeinheiten 21 besteht, sind die an den beiden Enden des Stellglieds 31 vorgesehenen dielektrischen Schichten 3 dicker ausgebildet, während die übrigen, zwischen zwei Stellgliedeinheiten 21 angeordneten dielektrischen Schichten 3 dünner ausgebildet sind. Die ersten beiden dielektrischen Schichten 3 weisen somit eine andere Dicke auf als die übrigen beiden dielektrischen Schichten 3.

Durch die an beiden Enden des aus mehreren Einheiten bestehenden laminierten Stellglieds 31 vorgesehenen, dicken dielektrischen Schichten 3 ist es möglich, daß das aus mehreren Einheiten bestehende, laminierte Stellglied 31 an seinen Seiten mit reichlich Beschichtungsmaterial 6 bedeckt werden kann, wodurch der Eintritt von Feuchtigkeit zwischen den dielektrischen Schichten 3 und dem Beschichtungsmaterial 6 wirksam verhindert wird.

Da die zwischen den Stellgliedeinheiten 21 vorgesehenen dielektrischen Schichten 3 dünner ausgebildet

sind als die dielektrischen Schichten 3 an den beiden Enden des Stellglieds 31, verringert sich die Gesamtdicke der Stellgliedeinheiten 21 auf ungefähr die Hälfte der Dicke der im Stand der Technik bekannten Konstruktionen. Aufgrund einer derartig dünnen Ausbildung der dielektrischen Schichten wird eine Verringerung des relativen Stellweges bei dem aus mehreren Einheiten bestehenden laminierten Stellglied 31 auf ein Minimum reduziert.

Bei dem in den Fig. 12 und 13 dargestellten, aus mehreren Einheiten bestehenden laminierten Stellglied 31 sind zwar zwei Stellgliedeinheiten 21 verwendet, es können aber auch drei oder mehr Stellgliedeinheiten verwendet werden. In diesem Fall lassen sich dann dünnere dielektrische Schichten als dielektrische Zwischenschicht zwischen den Stellgliedeinheiten verwenden.

Bei dem obigen Ausführungsbeispiel ist die dielektrische Schicht 3, 3a eine einzige Schicht. Die dielektrische Schicht 3, 3a kann aber auch aus einer Laminierung von zwei oder mehreren Unterschichten bestehen. In solch einem Fall ist die Dicke der dielektrischen Schicht die Summe der Dicke aller dielektrischen Unterschichten.

Nach dem fünften erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel sind die an den beiden Enden des aus mehreren Einheiten bestehenden piezoelektrischen laminierten Stellglieds vorgesehenen dielektrischen Schichten dicker ausgebildet, während die übrigen zwischen zwei Stellgliedeinheiten angeordneten dielektrischen Schichten dünner ausgebildet sind. Das piezoelektrische laminierte Stellglied reduziert somit die Verringerung des relativen Stellweges auf ein Minimum, wobei gleichzeitig das Eindringen von Feuchtigkeit über die beiden Stellgliedenden verhindert wird.

#### Patentansprüche

1. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied, bei dem eine Anzahl von piezoelektrischen Schichten (2), die jeweils zwischen Innenelektroden (1) angeordnet sind, durch Verkleben übereinander laminiert ist, bei dem eine dielektrische Schicht (3) an jeweils beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) aufgeklebt ist und bei dem Dünnfilm-Außenelektroden (4) an zwei gegenüberliegenden Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) mittels Sputter-Technik gebildet sind, wobei die eine Dünnfilm-Außenelektrode (4) mit jeder zweiten Innenelektrode (1) verbunden ist, und wobei die andere Dünnfilm-Außenelektrode (4) mit den restlichen Innenelektroden (1) verbunden ist.

2. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied, bei dem eine Anzahl von piezoelektrischen Schichten (2), die jeweils zwischen Innenelektroden (1) angeordnet sind, durch Verkleben übereinander laminiert ist, bei dem eine dielektrische Schicht (3) an jeweils beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) aufgeklebt ist und bei den Dünnfilm-Außenelektroden (4) an zwei gegenüberliegenden Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) gebildet sind, wobei die eine Dünnfilm-Außenelektrode (4) mit jeder zweiten Innenelektrode (1) verbunden ist, wobei die andere Dünnfilm-Außenelektrode (4) mit den restlichen Innenelektroden (1) verbunden ist, und wobei dünne Metallbänder (12) auf der Außenfläche der Dünn-

film-Außenelektroden des piezoelektrischen laminierten Stellglieds angeordnet sind.

3. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Anschlußdrähte (5) mit den dünnen Metallbändern (12) verbunden sind.

4. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied mit einer Anzahl von Stellgliedeinheiten, die kaskadenförmig in ihrer Längsrichtung miteinander verbunden sind, und deren Dünnsfilm-Außenelektroden durch Metallbänder (12) verbunden sind, wobei jede Stellgliedeinheit durch eine Anzahl von piezoelektrischen Schichten (2) gebildet ist, die jeweils zwischen Innenelektroden (1) angeordnet und die übereinander laminiert sind, wobei Dünnsfilm-Außenelektroden (4) auf zwei gegenüberliegenden Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) gebildet sind, wobei eine Dünnsfilm-Außenelektrode (4) mit jeder zweiten Innenelektrode (1) verbunden ist, und wobei die andere Dünnsfilm-Außenelektrode (4) mit den übrigen Innenelektroden (1) verbunden ist.

5. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Dünnsfilm-Außenelektroden (4) durch einen Sputter-Prozeß gebildet sind.

6. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Anschlußdrähte (5) mit den dünnen Metallbändern (12) verbunden sind.

7. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied, bei dem eine Anzahl von piezoelektrischen Schichten (2), die jeweils zwischen Innenelektroden (1) angeordnet sind, durch Verkleben übereinander laminiert ist, bei dem eine dielektrische Schicht (3) an jeweils beiden Enden des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) aufgeklebt ist und bei dem Dünnsfilm-Außenelektroden (4) an zwei gegenüberliegenden Seiten des laminierten piezoelektrischen Körpers aus piezoelektrischen Schichten (2) gebildet sind, wobei die eine Dünnsfilm-Außenelektrode (4) mit jeder zweiten Innenelektrode (1) verbunden ist, wobei die andere Dünnsfilm-Außenelektrode (4) mit den restlichen Innenelektroden (1) verbunden ist, und wobei jede dielektrische Schicht (3) aus einer Anzahl von dielektrischen Unterschichten (13) besteht, die durch ein feuchtigkeitsbeständiges Mittel miteinander verklebt sind, welches die Funktion von feuchtigkeitsbeständigen Schichten zwischen den dielektrischen Unterschichten (13) besitzt.

8. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dünnsfilm-Außenelektroden (4) durch Sputter-Technik gebildet sind.

9. Piezoelektrisches laminiertes Stellglied mit einer Anzahl von Stellgliedeinheiten, die an ihren dielektrischen Schichten (3) zur Bildung eines aus mehreren Einheiten bestehenden Stellglieds miteinander verbunden sind, wobei jede Stellgliedeinheit durch eine Anzahl von piezoelektrischen Schichten (2) gebildet ist, die jeweils zwischen Innenelektroden (1) angeordnet sind, wobei die dielektrische Schicht (3) jeweils an beiden laminierten Stellgliedeinheiten befestigt ist, und wobei die dielektrischen Schichten (3) so ausgebildet sind, daß die an den beiden Enden des piezoelektrischen laminierten Stellglieds angeordneten Schichten dicker ausgebildet sind, wäh-

rend die zwischen den Stellgliedeinheiten angeordneten Schichten dünner ausgebildet sind.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

FIG.3

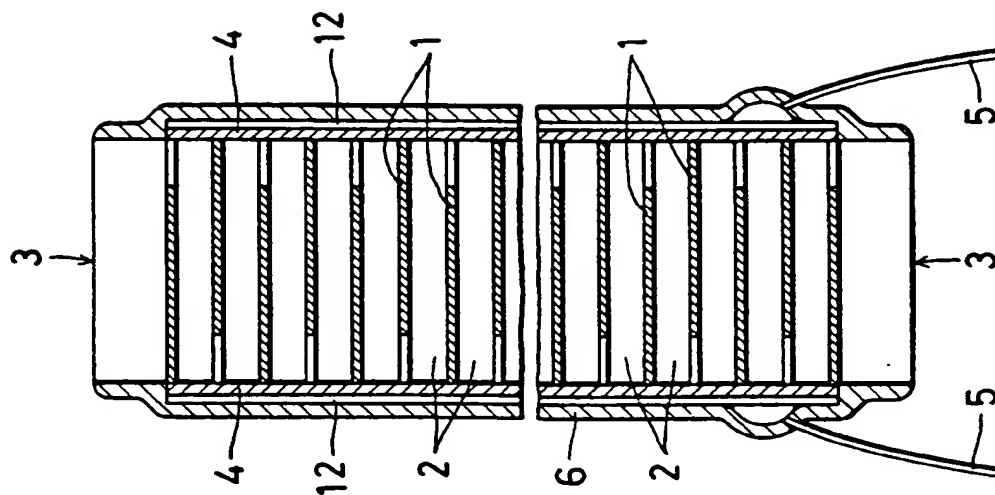


FIG.2

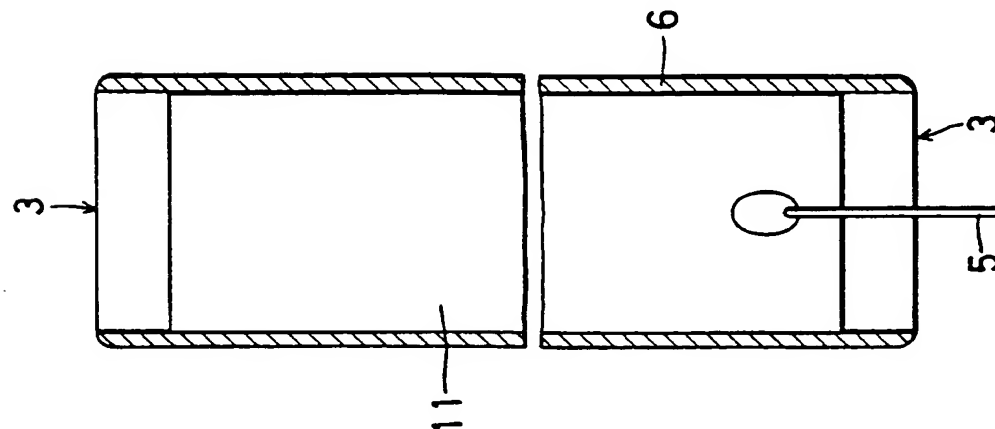
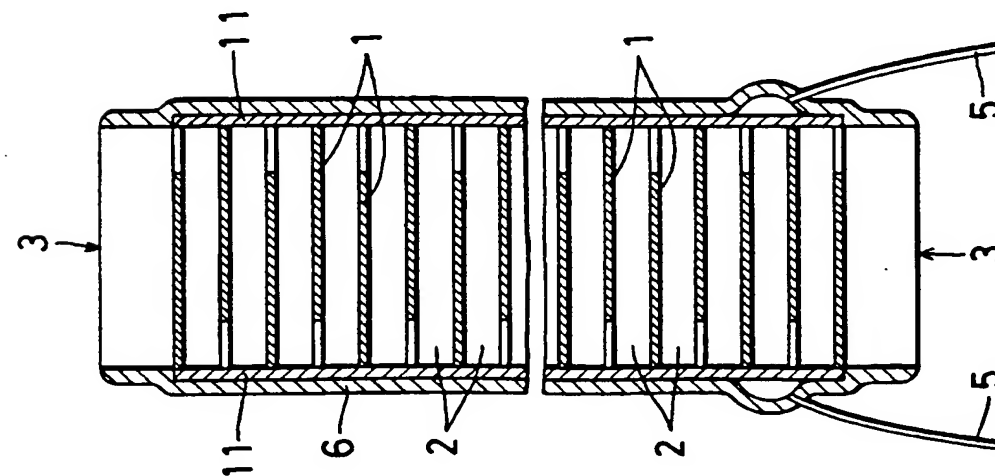


FIG.1



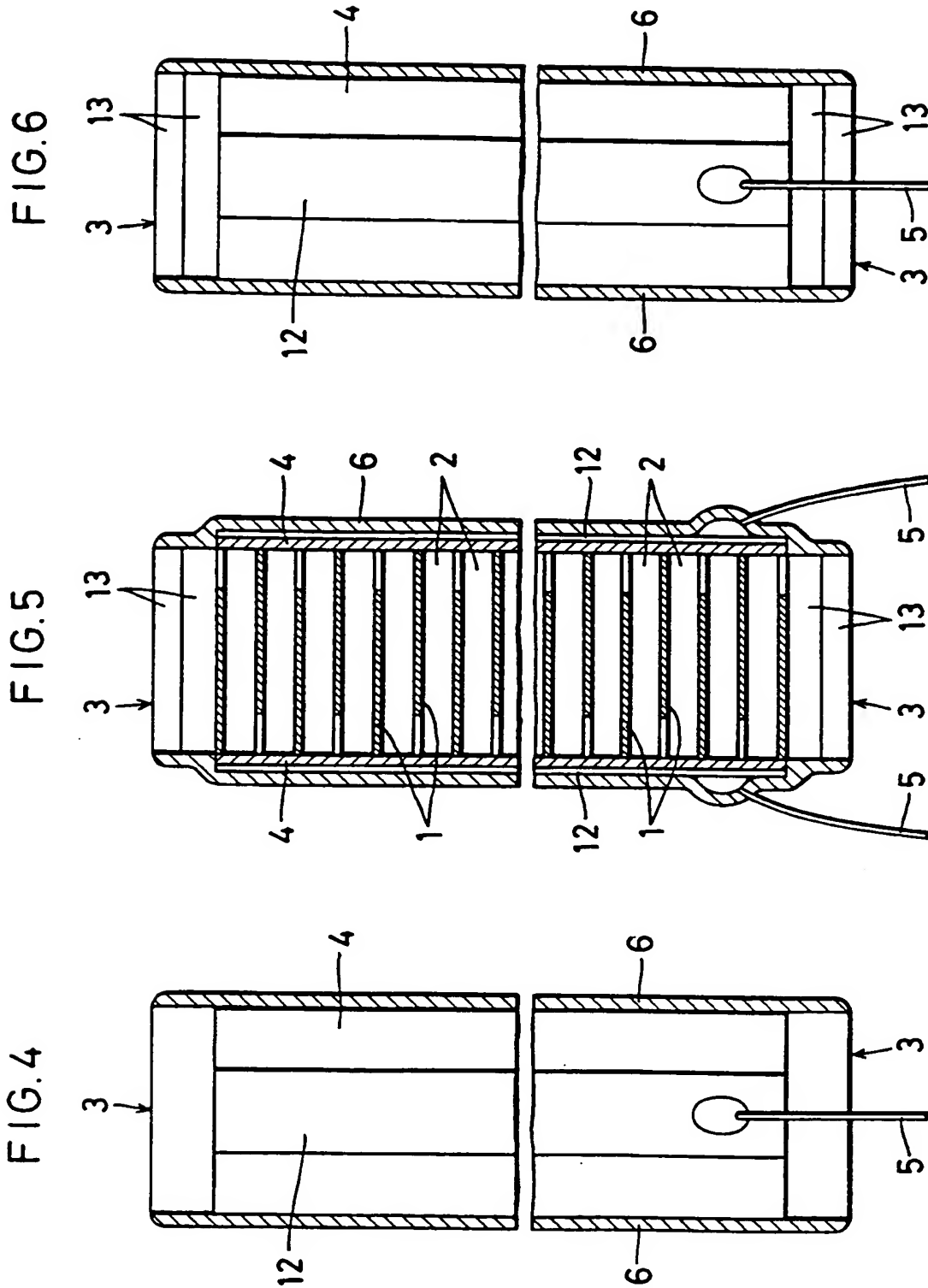




FIG.9

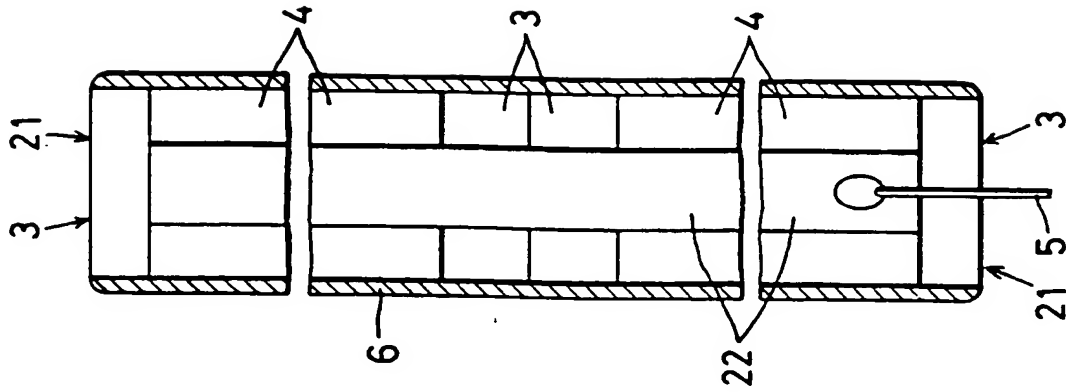


FIG.8

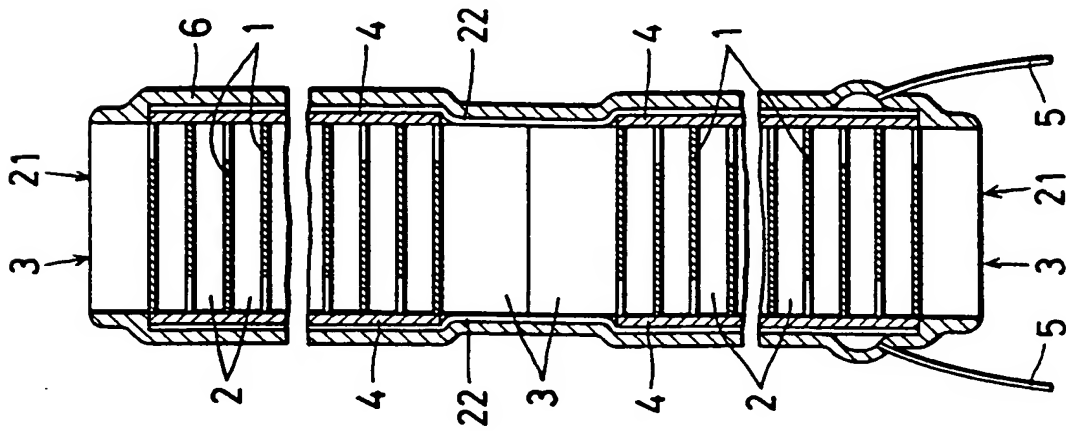


FIG.7

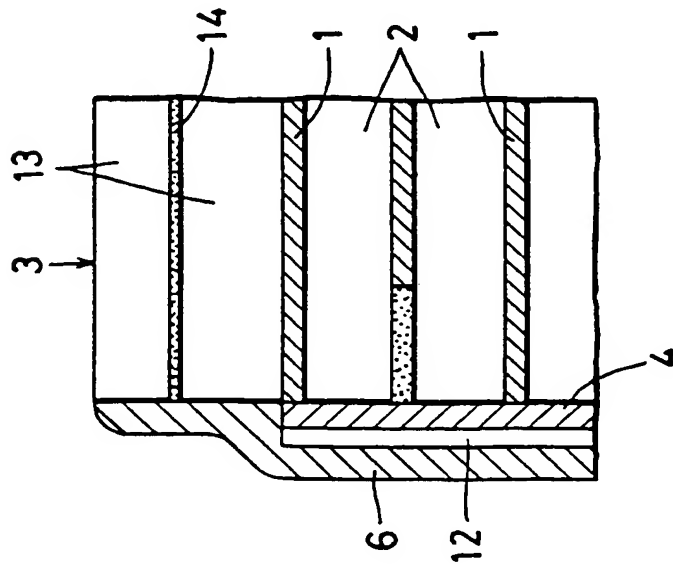


FIG.12

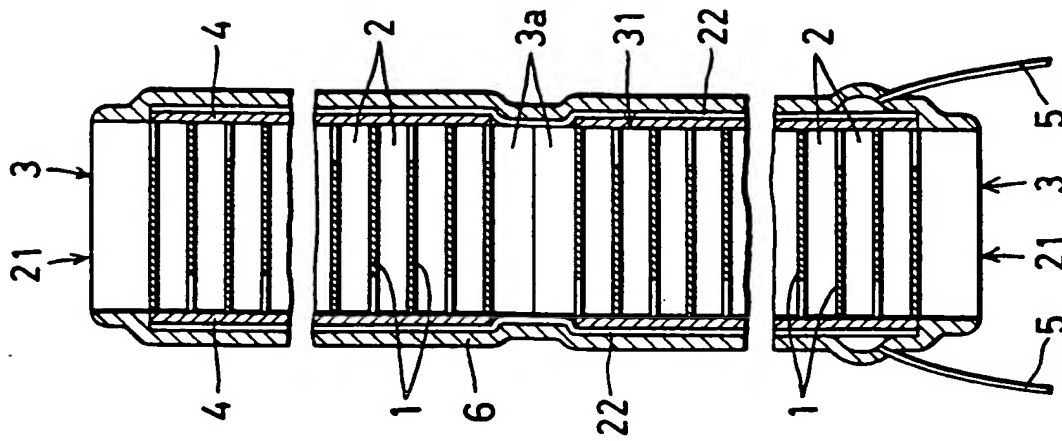


FIG. 11

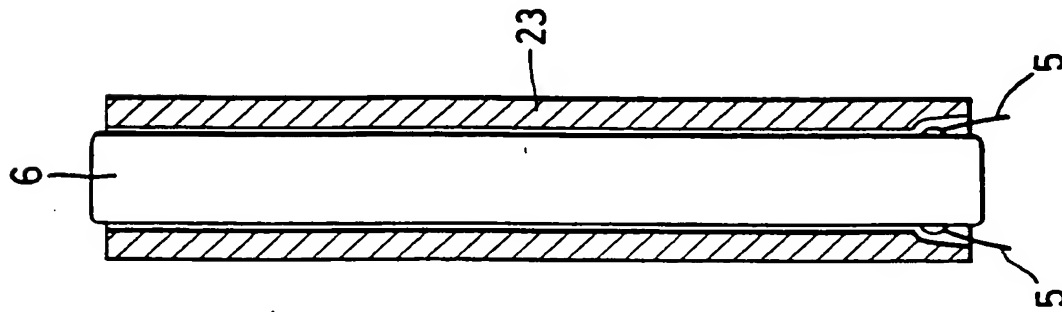


FIG.10

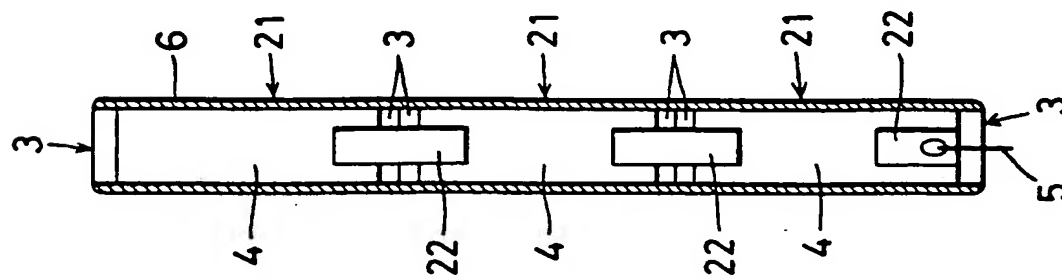




FIG.18

Stand der Technik

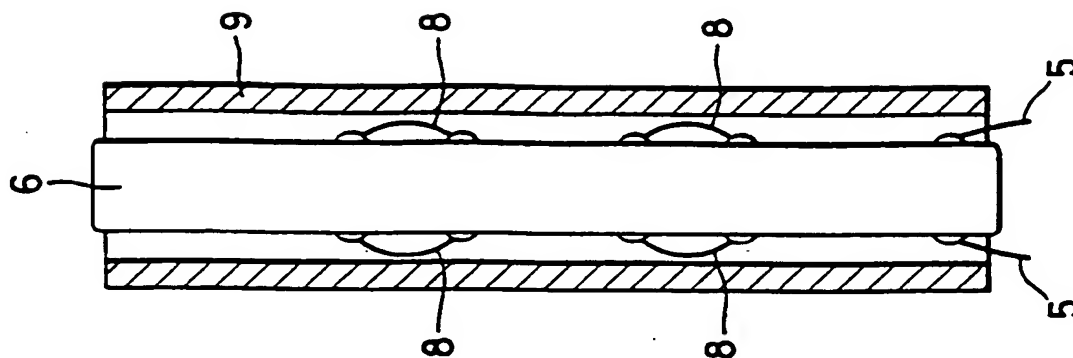


FIG.17

Stand der Technik

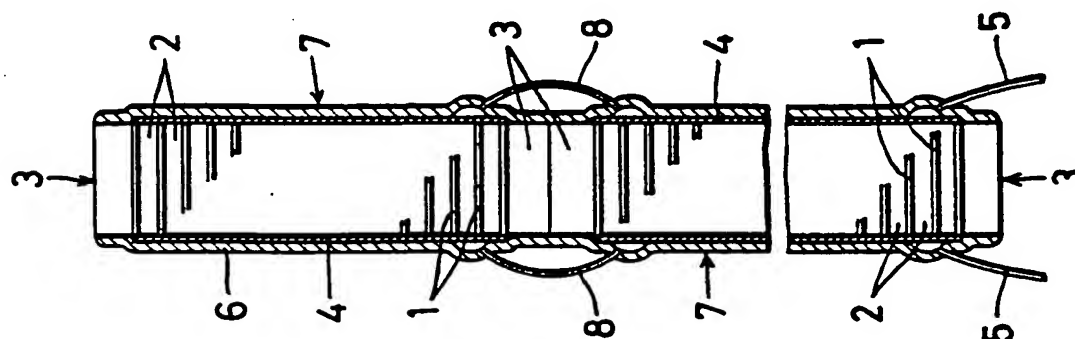


FIG.16

